

**ANALISIS DAMPAK RENDAMAN AIR TAWAR TERHADAP
DURABILITAS DAN PROPERTIES MARSHALL PADA CAMPURAN
*ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

DAMAR GUMILANG
D 100 120 143

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2017

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS DAMPAK RENDAMAN AIR TAWAR TERHADAP
DURABILITAS DAN PROPERTIES MARSHALL PADA CAMPURAN
*ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DAMAR GUMILANG
D100 120 143

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh

Dosen Pembimbing



Ir. Agus Riyanto, M.T.
NIK. 483

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DAMPAK RENDAMAN AIR TAWAR TERHADAP
DURABILITAS DAN PROPERTIES MARSHALL PADA CAMPURAN
ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)**

OLEH

DAMAR GUMILANG

D100 120 143

Telah Dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammdiyah Surakarta

Pada hari.....17 Juli.....2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Agus Riyanto, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Senja Rum Harnaeni, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ika Setyaningsih, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

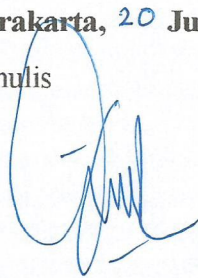
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam artikel publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesajaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 20 Juli 2017

Penulis



Damar Gumilang

D100 120 143

ANALISIS DAMPAK RENDAMAN AIR TAWAR TERHADAP DURABILITAS DAN PROPERTIES MARSHALL PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)

Abstraksi

Pada umumnya, air berpengaruh buruk terhadap konstruksi perkerasan jalan. Genangan air dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, buruknya sistem drainase, tingginya muka air tanah, dan limpasan air pada daerah rawa. Lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) merupakan lapis antara yang menahan beban maksimum pada lapis permukaan akibat lalu lintas sehingga diperlukan suatu campuran dengan kekuatan stabilitas minimum 800 kg (Bina Marga, 2010). Campuran AC-BC menggunakan tipe gradasi menerus (*continuous graded*) sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang tinggi. Kerusakan umum yang dialami campuran AC-BC adalah retak dan pelepasan butir. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya disimpulkan bahwa campuran ini memerlukan perbaikan dalam kelenturan dan keawetan.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan variasi kadar aspal 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7% terhadap berat total agregat untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Nilai KAO ditentukan dengan menggunakan metode *Arrow Range* dari parameter Marshall yang ada, diperoleh nilai KAO 5.424%. Selanjutnya membuat benda uji untuk perendaman (*immersion*) standar pada variasi lama rendaman 0.5 jam dan 24 jam, sedangkan untuk perendaman *modified* menggunakan variasi lama rendaman 48 jam, 96 jam dan 168 jam. kemudian dilakukan pengujian Marshall dan analisis durabilitas yang terdiri dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IKS perendaman 24 jam sebesar 94.51% dengan syarat minimum 90%, cukup awet berdasarkan nilai IKS. Nilai IDP terus bertambah hingga bernilai $0.947\% < 1\%$ sehingga cukup durabel pada perendaman 96 jam. Nilai IDK total selama 168 jam perendaman bernilai 14.03% dengan batas waktu tolerir rendaman selama 88.07 jam. Nilai IDP dan IDK mengindikasikan bahwa campuran AC-BC terus mengalami kehilangan kekuatan selama 168 jam perendaman. Pengaruh rendaman terhadap *properties* Marshall pada parameter stabilitas, VIM, dan VMA cenderung mengalami peningkatan, sedangkan pada nilai parameter VFWA, flow dan MQ mengalami penurunan tren selama masa rendaman. Pengaruh lama rendaman terhadap parameter *properties* Marshall menunjukkan bahwa *properties* Marshall mengalami waktu kritis pada lama rendaman 91.2 jam.

Kata kunci: rendaman, durabilitas, properties Marshall, AC-BC

Abstract

In general, water adversely affects pavement construction. Puddle can be caused by high rainfall, poor drainage system, high groundwater level, and water runoff in swamp areas. The AC-BC layer (*Asphalt Concrete-Binder Course*) is the

intermediate layer that holds the maximum load on the surface layer due to traffic so that a mixture with a minimum stability strength of 800 kg (Bina Marga, 2010). The AC-BC mixture uses a continuous graded type that has a high degree of rigidity. The common damage experienced by the AC-BC mixture is the cracking and discharge of the grains. Based on the results of the study before is concluded that this mixture requires improvement in the flexibility and durability. The influence of water on the pavement is related to durability and Marshall properties that usually tend to decrease.

The research was conducted in the Laboratory of Pavement Material University Muhammadiyah of Surakarta with variation of asphalt content of 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7% to total aggregate weight to determine optimum bitumen content. The value of optimum bitumen content is determined by means of the Arrow Range method of the existing Marshall parameters has obtained the optimum bitumen content 5,424%. Subsequently preparing the specimen for standard immersion at 0.5 hour and 24-hours immersion duration, while for modified immersion using a variation of the length of the immersion 48 hours, 96 hours and 168 hours. Then Marshall testing and durability analysis consist of *Index of Retained Strength* (IRS), First Durability Index (FDI) and Secondary Durability Index (SDI).

The results showed that value of IRS immersion 24 hours is 94.51% with a minimum requirement of 90%, considered quite durable based on the value of IRS. IDP value continues to grow up to a value of 0.947% <1% so it is quite durable at 96 hours of immersion. Total IDK value for 168 hours of immersion is 14.03% with an immersion time limit of 88.07 hours. The immersion influence on the Marshall properties on the stability, VIM, and VMA parameters tended to increase, whereas in the VFWA, flow and MQ has decreased trend during the immersion period. The influence of the immersion period on Marshall properties parameters shows that Marshall properties have a critical time at 91.2 hours.

Keywords: immersion, durability, Marshall properties, AC-BC

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerusakan konstruksi jalan yang diakibatkan oleh genangan air di badan jalan dapat berupa pelepasan butiran (*ravelling*) menyebabkan kinerja jalan menjadi menurun dan umur jalan menjadi lebih singkat. Genangan air dapat disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, buruknya sistem drainase, tingginya muka air tanah, dan limpasan air pada daerah rawa. Kerusakan umum yang

dialami campuran AC-BC adalah retak atau pelepasan butir. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa campuran ini memerlukan perbaikan dalam kelenturan dan keawetan (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2002). Secara keseluruhan kondisi jalan rusak di Indonesia mencapai 3.800 kilometer atau 10% jika dibandingkan dengan total panjang jalan nasional yang mencapai 38.500 kilometer dengan pertumbuhan jalan 0,6% per tahun. Hampir setiap wilayah di Indonesia, tidak terlepas dari persoalan jalan rusak (Zulkarnaen, 2012).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana pengaruh lama rendaman terhadap ketahanan atau durabilitas pada campuran beton aspal AC-BC?
2. Bagaimana pengaruh lama rendaman terhadap properties Marshall pada campuran beton aspal AC-BC?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dampak rendaman terhadap ketahanan atau durabilitas pada campuran aspal beton AC-BC.
2. Mengetahui dampak rendaman terhadap karakteristik Marshall pada campuran beton aspal AC-BC.

1.4 Beton Aspal (*Asphalt Concrete*)

Laston adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, 2003).

1.5 Rendaman (*Immersion*)

Pengertian rendaman (*Immersion*), suatu proses/ upaya merendam atau menyelupkan suatu material kedalam medium air pada suhu tertentu dengan tujuan memberikan dampak kritis pada material tersebut yang mensimulasikan kondisi lingkungan. (AASHTO T.165-72).

1.6 Properties Marshall

Pada umumnya penentuan sifat – sifat campuran beraspal panas ditentunkan dengan pendekatan Marshall, diantaranya stabilitas, pelelehan / *flow*, *voids in mix* (VIM), *voids filled with asphalt* (VFWA), *voids mineral aggregate* (VMA), *Marshall Quotient*

1.7 Durabilitas

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menilai pengaruh rendaman air terhadap campuran aspal adalah sebagai berikut:

1.7.1 Metode Pengujian Durabilitas Standar

Suatu indeks numerik dari berkurangnya kekuatan diperoleh dengan membandingkan kekuatan tekan benda uji yang direndam didalam air selama 30 menit dan 24 jam pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ di bawah kondisi yang ditentukan disebut dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

1.7.2 Metode Pengujian Durabilitas Modifikasi

Karakteristik campuran setelah dilakukan perendaman 24 jam, tidak menjamin keawetan campuran aspal setelah masa perendaman yang lebih lama. (Craus, J. et. Al 1981).

1.7.2.1 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama juga dapat didefinisikan sebagai nilai sensitivitas penurunan stabilitas benda uji terhadap lama perendaman.

1.7.2.2 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua didefinisikan sebagai persentase rata – rata kehilangan kekuatan selama satu hari antara kurva keawetan dengan garis $S_o = 100\%$.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di Laboratorium Bahan Perkerasan dengan melakukan percobaan terhadap bahan baku aspal, agregat proses penelitian dilaksanakan dalam 7 (tujuh) tahap sebagai berikut:

2.1 Tahap I : Persiapan

Beberapa hal yang dilakukan dalam persiapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1.1 Menyiapkan bahan seperti agregat, aspal.

2.1.2 Menyiapkan peralatan.

2.1.3 Menyiapkan form-form pengujian dan mengolah hasil pengujian

2.2 Tahap II : Pemeriksaan bahan

2.2.1 Pemeriksaan agregat yang dilakukan meliputi:

2.2.1.1 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus

2.2.1.2 Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus.

2.2.1.3 Pemeriksaan *sand equivalent*.

2.2.1.4 Pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles (abration test).

2.2.1.5 Pemeriksaan kelapukan.

2.2.2 Pemeriksaan aspal yang dilakukan meliputi:

2.2.2.1 Pemeriksaan berat jenis aspal.

2.2.2.2 Pemeriksaan penetrasi.

2.2.2.3 Pemeriksaan titik lembek.

2.2.2.4 Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar.

2.2.2.5 Pemeriksaan daktilitas

2.3 Tahap III : Perancangan campuran (*Mix Design*)

Pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan benda uji dengan kadar aspal 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7% terhadap total berat agregat dan juga dilakukan rekayasa *blending* agregat.

2.4 Tahap IV : Pengujian Marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO)

Pada tahap ini benda uji dengan variasi kadar aspal dilakukan pengujian Marshall sehingga didapat data stabilitas dan *flow* yang sebelumnya telah ditimbang berat kering berat kering, berat *SSD* dan berat sampel dalam air.

2.5 Tahap V : Pembuatan dan perendaman benda uji pada KAO untuk analisa pengaruh rendaman terhadap durabilitas dan *properties* Marshall

Setelah diperoleh KAO maka dilakukan pembuatan benda uji dengan durasi rendaman 0,5 jam; 24 jam, perendaman 48 jam; 96 jam dan 168 jam. Kemudian dilakukan pengujian dan analisa Marshall serta ananlisa volumetrik

2.6 Tahap VI : Pengujian benda uji pada KAO untuk analisa pangaruh rendaman terhadap durabilitas dan *properties* Marshall

2.6.1 Pengujian perendaman Marshall standar

Pengujian perendaman Marshall standar merupakan pengujian perendaman benda uji selama 30 menit dan 24 jam pada wadah berisi air dengan suhu konstan 60°C.

2.6.2 Pengujian perendaman Marshall modifikasi

Pengujian ini dilakukan setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO), pada pengujian perendaman Marshall modifikasi ditetapkan siklus perendaman 48 jam; 96 jam dan 168 jam.

2.7 Tahap VI : Kesimpulan dan saran

Semua data pemeriksaan agregat, aspal dan campuran beton aspal diinventarisir dan dianalisis, selanjutnya didapat berbagai kesimpulan dan saran dari seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Bahan

3.1.1 Pemeriksaan agregat

Hasil pemeriksaan agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kualitas Agregat

No.	Jenis Pengujian	Agregat Kasar (F1)	Agregat Medium (F2)	Agregat halus (F3)	Syarat	Keterangan
1	Penyerapan air (Absorbtion)	2.15%	1.83%	3.22%	maks.3% dan 5% *	Memenuhi
2	Berat jenis	2.65	2.62	2.67	-	-
3	Kausan agregat (Abrasi)	23.50%	-	-	maks.30%	Memenuhi
4	Pelapukan Agregat (Soundness)	4.20%	3.60%	-	maks.12%	Memenuhi
5	Sand equivalent	-	-	87.79%	min.60%	Memenuhi

Keterangan: * untuk agregat kasar dan medium 3%, serta agregat halus 5%

3.1.2 Pemeriksaan aspal

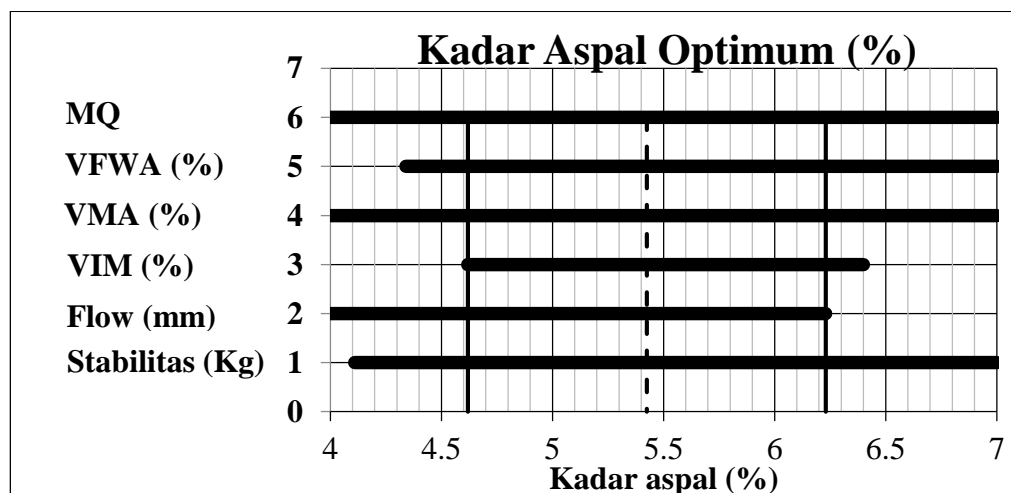
Hasil pemeriksaan aspal di laboratorium menunjukkan bahwa kualitas aspal yang diperiksa telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Kualitas Aspal

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Satuan	Keterangan
1	Berat Jenis	1,03	min. 1.00	-	Memenuhi
2	Penetrasi	66,2	60/70	0,1 mm	Memenuhi
3	Daktilitas	1360	min.1000	mm	Memenuhi
4	Titik Lembek	52	min. 48	°C	Memenuhi
5	Titik Nyala	285	min. 232	°C	Memenuhi
6	Titik Bakar	320	-	°C	Memenuhi

3.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Metode yang digunakan untuk menentukan (KAO) pada penelitian ini yaitu menggunakan metode *Arrow Range*.



Gambar 2. Penentuan kadar aspal optimum

$$KAO = \frac{4,619\% + 6,23\%}{2} = 5,424 \%$$

3.3 Analisa Pengaruh Lama Rendaman Terhadap Durabilitas

3.3.1 Analisa Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Nilai Indeks Kekuatan Sisa didefinisikan sebagai besar persentase kekuatan stabilitas selama masa rendaman.

Tabel 3. Nilai IKS terhadap variasi lama rendaman

Parameter	Lama Rendaman (Jam)				
	0.5 (30 menit)	24 (1 hari)	48 (2 hari)	96 (4 hari)	168 (7 hari)
Nilai Stabilitas (Kg)	1442.41	1363.24	1239.83	992.47	559.34
Nilai IKS (%)	100.00	94.51	85.96	68.81	38.78

Berdasarkan hasil analisis didapat nilai IKS 94.51% setelah perendaman 24 jam, sehingga campuran beton aspal cukup durabel pada perendaman 24 jam dengan batas nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang disyaratkan minimal 90%.

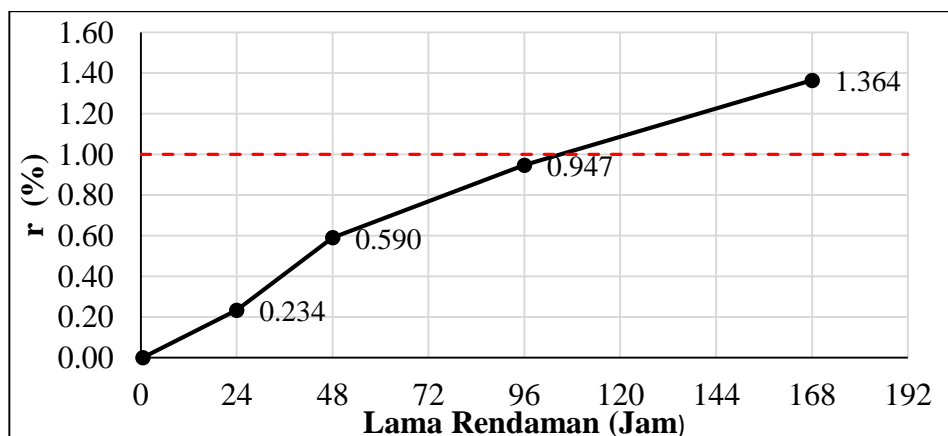
3.3.2 Analisa Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama (IDP) didefinisikan sebagai nilai sensitivitas campuran aspal terhadap durasi perendaman yang dinyatakan cukup durabel apabila bernilai $\leq 1\%$.

Tabel 4. Nilai Indeks Durabilitas Pertama

No.	Durasi Rendaman (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP	
			r (%)	R (Kg)
1	0.5	100.00	-	-
2	24	94.51	0.234	3.369
3	48	85.96	0.590	8.511
4	96	68.81	0.947	13.664
5	168	38.78	1.364	19.680

Berdasarkan hasil analisa, diketahui bahwa nilai “r” mengalami peningkatan yang mengindikasikan hilangnya kekuatan hingga perendaman 96 jam (4 hari) nilai IDP sebesar $0.947\% < 1\%$ sehingga dapat dikatakan campuran AC-BC cukup durabel hingga 96 jam (4 hari) perendaman.



Gambar 3. Hubungan Nilai IDP Terhadap Lama Rendaman (Jam)

3.3.3 Analisa Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) dinotasikan dengan a (%). Hasil analisa perhitungan nilai IDK dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 5. Perhitungan Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK)						Hasil
Lama Rendaman (Jam)	0.5	24	48	96	168	
Kehilangan kekuatan rerata satu hari a (%)	-	2.55	3.36	4.90	3.22	14.03
Kekuatan sisa rerata satu hari S_a (%)	100	97.45	94.09	89.19	85.97	-
$A = (a/100) \times S_0$ (Kg)	-	36.76	48.48	70.67	46.41	202.32
$SA = S_0 - A$ (Kg)	1442.41	1405.65	1357.17	1286.5	1240.09	-

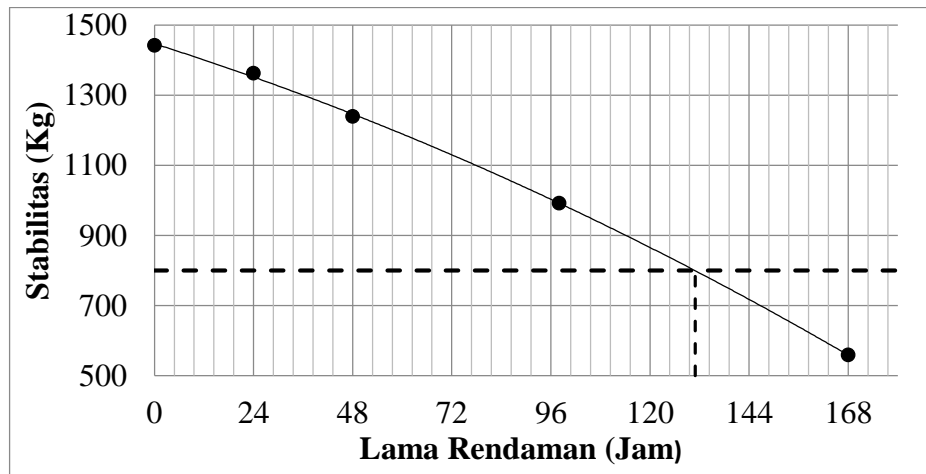
Berdasarkan keseluruhan analisa data nilai IDK, benda uji cenderung mengalami penurunan durabilitas seiring dengan waktu perendaman hingga nilai sisa kekuatan sebesar 85.97%. Batas lama rendaman yang dapat ditolerir berdasarkan data diatas berdasarkan nilai IDK selama 88.07 jam perendaman dengan syarat 90% rerata kekuatan sisa satu hari.

3.4 Analisa Pengaruh Lama Rendaman Terhadap *Properties* Marshall

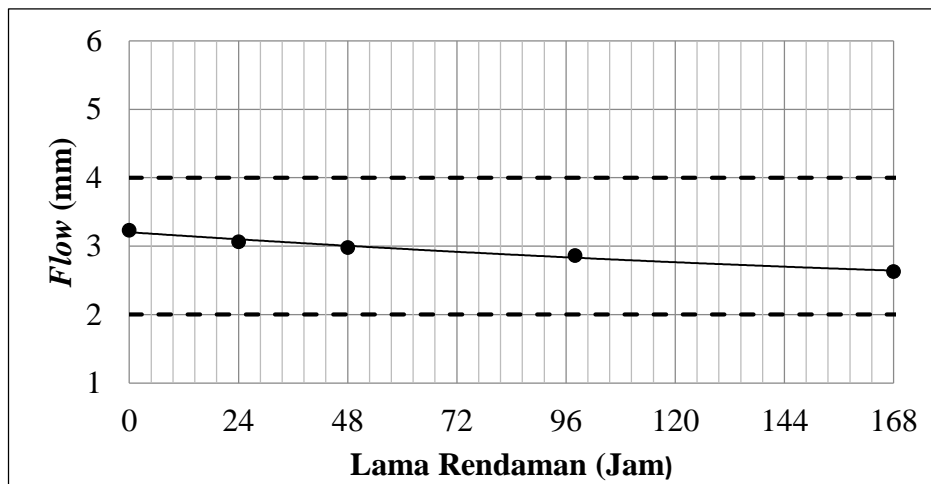
Berdasarkan hasil pengujian pada campuran AC-BC didapat hasil rekapitulasi ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 6. Pengaruh Lama Rendaman Terhadap *Properties* Marshall

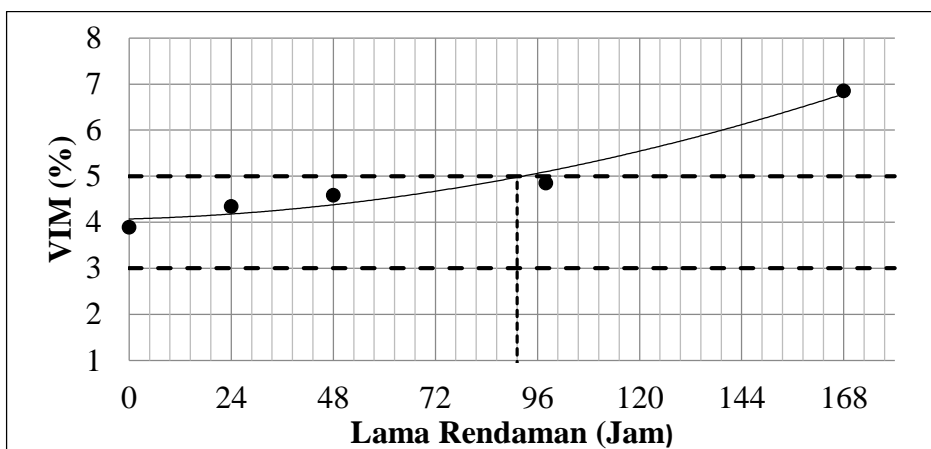
Properties Marshall		Syarat	Lama Rendaman (Jam)				
			0	24	48	96	168
Stabilitas	Kg	≥ 800	1442.41	1363.24	1239.83	992.47	559.34
Flow	mm	2 - 4	3.23	3.07	2.98	2.87	2.63
VIM	(%)	3 - 5	3.89	4.34	4.58	4.85	6.85
VMA	(%)	≥ 14	16.69	17.04	17.30	17.42	19.04
VFWA	(%)	≥ 65	76.69	74.51	73.51	72.18	64.01
MQ	Kg/mm	≥ 200	446.05	444.41	415.03	346.49	212.29



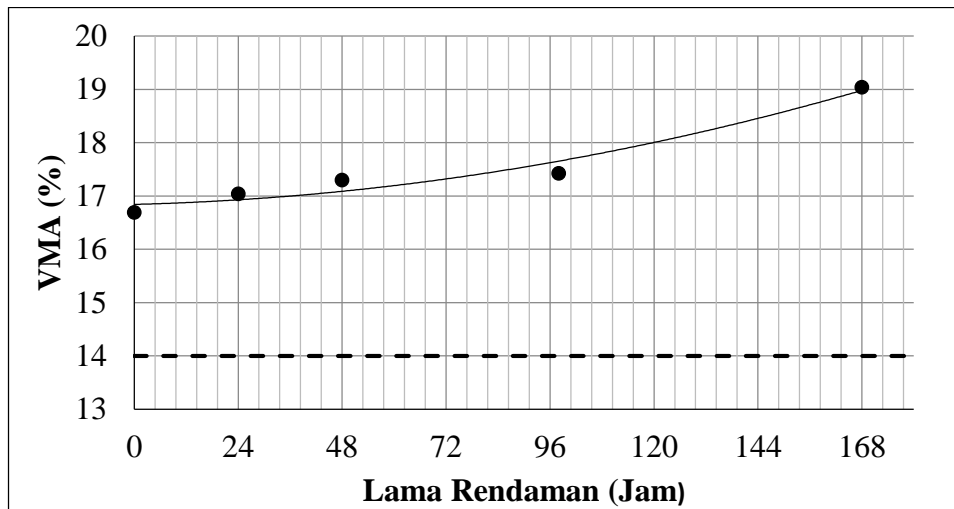
Gambar 4. Grafik Nilai Stabilitas Setelah Masa Perendaman



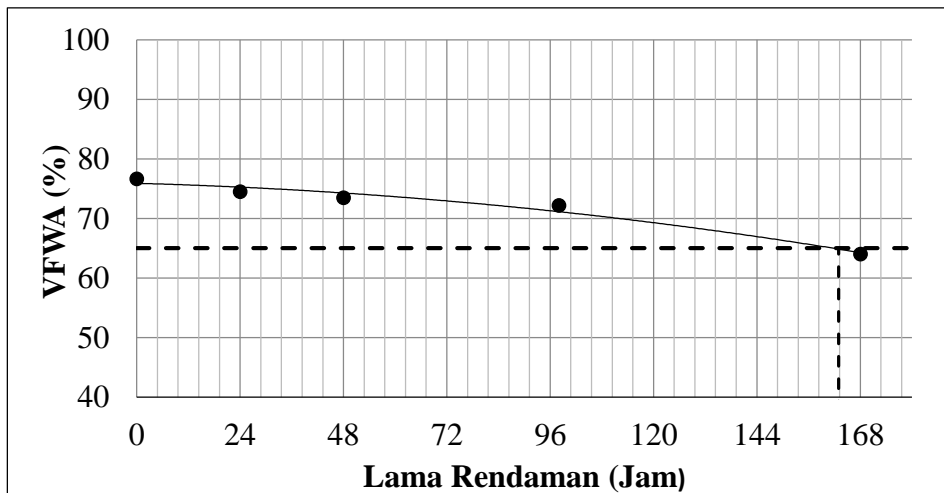
Gambar 5. Grafik Nilai Flow Setelah Masa Perendaman



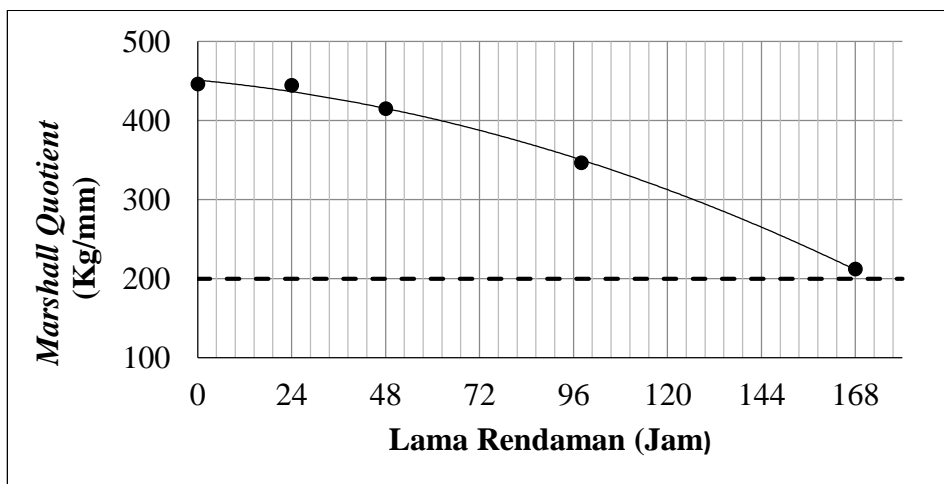
Gambar 6. Grafik Nilai VIM Setelah Masa Perendaman



Gambar 7. Grafik Nilai VMA Setelah Masa Perendaman



Gambar 8. Grafik Nilai VFWA Setelah Masa Perendaman



Gambar 9. Grafik Nilai MQ Setelah Masa Perendaman

Berdasarkan data diatas didapat hasil rekapitulasi waktu kritis sesuai dengan properties Marshall.

Tabel 7. Waktu Kritis Perendaman Terhadap *Properties* Marshall

No.	<i>Properties</i> Marshall	Waktu Kritis Perendaman (Jam)	Waktu Kritis Dampak Rendaman Terhadap <i>Properties</i> Marshall
1	Stabilitas	131	91.2 Jam
2	Flow	-	
3	VIM	91.2	
4	VMA	-	
5	VFWA	163	
6	MQ	-	

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pengaruh rendaman pada beton aspal AC-BC adalah sebagai berikut :

4.1.1 Dampak Lama Rendaman Terhadap Durabilitas

Semakin lama campuran AC-BC terendam air tawar, maka tingkat durabilitas campuran AC-BC akan semakin menurun, baik ditinjau dari indikator Indeks Kekuatan Sisa (IKS), maupun Indeks Durabilitas Pertama (IDP) serta Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) benda uji (setelah perendaman 24 jam) sebesar 94,51% dengan syarat 90%, sehingga dianggap cukup durabel berdasarkan IKS. Nilai IDP bernilai positif dengan waktu tolerir rendaman selama 96 jam bernilai $0.947\% < 1\%$ dan terus bertambah hingga bernilai 1.364% atau setara dengan 19.680 kg, sehingga campuran AC-BC cukup sensitif kehilangan kekuatan terhadap lama rendaman air tawar, sedangkan nilai IDK sebesar 14.03% yang ekivalen dengan nilai absolut rerata kehilangan kekuatan selama satu hari sebesar 202.32 kg serta diperoleh waktu tolerir rendaman selama 88.07 jam.

4.1.1 Dampak Lama Rendaman Terhadap *Properties* Marshall

Stabilitas, semakin lama waktu perendaman, nilai stabilitas pada campuran AC-BC cenderung menurun, dan diperoleh waktu kritis pada 131 jam perendaman.

Nilai flow cenderung menurun seiring bertambahnya waktu perendaman walaupun tidak signifikan. Nilai VIM mengalami kenaikan yang signifikan setelah perendaman 168 jam sebesar 6.85%, sehingga diperoleh waktu kritis pada 91.2 jam perendaman. Nilai VMA 16.69% cenderung terus mengalami peningkatan seiring dengan masa perendaman, bernilai 19.04%. Nilai VFWA pada campuran AC-BC tidak mengalami penurunan yang signifikan setelah masa perendaman, akan tetapi penurunan tersebut menghasilkan waktu kritis perendaman selama 163 jam dari total perendaman 168 jam. Nilai MQ mengalami penurunan selama masa perendaman, hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan campuran AC-BC dalam merespon beban yang diberikan semakin menurun hingga sebesar 212.29 kg/mm, masih memenuhi spesifikasi minimum sebesar 200 kg/mm. Berdasarkan 6 (enam) *properties* Marshall campuran AC-BC, sehingga diperoleh waktu kritis dampak lama rendaman terhadap *properties* Marshall yaitu 91.2 jam perendaman

4.1 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan ada beberapa hal yang dapat disarankan adalah sebagai berikut:

- 4.1.1 Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan material lain dengan masa perendaman yang berbeda atau interval perendaman yang lebih lama, sebagai pembanding pengaruh waktu perendaman terhadap tingkat durabilitas.
- 4.1.2 Untuk perencanaan campuran yang akan digunakan pada perencanaan jalan raya, khususnya untuk daerah yang rawan tergenang air hujan (banjir), perlu ditambahkan bahan tambah yang dapat membantu meningkatkan mutu campuran AC-BC.
- 4.1.3 Kekurangan penelitian ini yaitu, dokumentasi (foto, video) yang tidak terorganisir .pada setiap langkah praktikum yang dilakukan di Laboratorium, sehingga disarankan pada peneltian selanjutnya agar mendokumentasikan setiap langkah kegiatan sehingga dapat lebih mencermati penelitian secara visual.

- 4.1.4 Sebaiknya dalam penelitian mengenai campuran beraspal menggunakan jumlah benda uji KAO yang lebih banyak yaitu lebih dari tiga (3) benda uji untuk setiap kadar aspal, agar nilai KAO yang ditetapkan akan lebih terpercaya dan meyakinkan.
- 4.1.5 Sebaiknya pada penelitian sejenis yang selanjutnya menggunakan perhitungan secara kimiawi, sehingga pembahasan mengenai dampak rendaman air terhadap campuran beraspal lebih variatif dan mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO 1993, *Guide for Design Of Pavement Structures*. AASHTO, Washington, DC.
- Bina Marga. 2014. *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi 2010 Divisi 6 Revisi 3*. Kementerian Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Jakarta.
- Craus, J., Ishai, I., and Sides, A., 1981. *Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties Proceedings Association of Asphalt Paving Technologists*, Technical sessions, February 16,17 and 18, Volume. 50, San Diego, California.
- Hardiyatmo, H. Christady, 2011. *Perancangan Perkerasan dan Penyelidikan Tanah*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Campuran Aspal dengan Alat Marshall*, SNI 06-2441-1991; SK SNI M-58-1990-0.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan*. Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta.
- Djalante, S. 2011. *Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (AC-BC) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 terhadap Air Laut Ditinjau dari Karakteristik Mekanis dan Durabilitasnya*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, vol.1, no.1, Januari 2011, pp.57-68 Universitas Halu Oleo, Kendari.

- Fadil, Ahmad, Cut. T. 2014. *Perbandingan Lama Rendaman Campuran AC-WC dengan Memakai Air Laut dan Air Tawar terhadap Karakteristik Marshall*. (repository.usu.ac.id/handle/123456789/43029, diakses 11 Maret 2017).
- Prabowo, AH. 2003. *Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (ROB) terhadap Kinerja Laston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi*. Jurnal PILAR, vol. 12, no.2, pp.89-98.
- Setiawan, Agus. 2014. *Pengaruh Penuaan dan Lama Perendaman terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*. (http://eprints.ums.ac.id/27776/22/NASKAH_PUBLIKASI.pdf, diakses 20 Maret 2017).
- Sarwono, J. 2016. *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Jakarta.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Tanjung, B. Nur, dan Ardial. 2008, *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jakarta: Kencana
- Utomo, R. Antarikso. 2008. *Studi Komparasi Pengaruh Gradasi Gabungan di Laboratorium dan Gradasi Hot Bin Asphalt Mixing Plant Campuran Laston (AC-Wearing Course) terhadap Karakteristik Uji Marshall*. (http://eprints.undip.ac.id/17927/1/R._ANTARIKSO_UTOMO.pdf, diakses 2 April 2017)
- Wahyudi, H. 2015. *Pengaruh Lama Perendaman terhadap Kinerja Durabilitas Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. (<http://scholar.unand.ac.id/12384>, diakses tanggal 28 Maret 2017)
- Zulkarnaen, Arief. *3.800 Kilometer Jalan di Indonesia Rusak*, Merdeka.com, 2012. (<https://www.merdeka.com/uang/3800-kilometer-jalan-di-indonesia-rusak.html>, diakses tanggal 23 Maret 2017)